

УДК 621.763-233.3

doi:10.20998/2413-4295.2016.42.06

## ТЕХНОЛОГІЯ ОБРОБКИ ГВИНТОВОЇ ПОВЕРХНІ РОЗ'ЄМНОГО З'ЄДНАННЯ В ДЕТАЛЯХ З АРМОВАНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

А. Ю. ДОВГОПОЛОВ<sup>1\*</sup>, С. С. НЕКРАСОВ<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Кафедра «Технологія машинобудування верстатів та інструменти», Сумський державний університет, Суми, УКРАЇНА

<sup>2</sup> Кафедра опору матеріалів та машинознавства, Сумський державний університет, Суми, УКРАЇНА

\*email: d\_a\_y\_@ukr.net

**АНОТАЦІЯ** З метою дослідження можливості утворення якісно нового роз'ємного з'єднання для деталей з армованих композиційних матеріалів, була розроблена, на основі раніше відомого методу технологія виготовлення подібного роз'ємного з'єднання [4]. З урахуванням всіх рекомендацій для даного типу матеріалів [1] створена геометрія інструменту, та визначені умови обробки підібране обладнання та приладдя для реалізації приведеної технології обробки.

**Ключові слова:** армовані композиційні матеріали (АКМ); роз'ємне з'єднання; кругла різьба; технологія виготовлення; фрезерування.

## TECHNOLOGY OF PROCESSING OF A SCREW SURFACE OF A DETACHABLE JOINT IN DETAILS FROM THE REINFORCED COMPOSITE MATERIALS

A. DOVGOPOLOV<sup>1\*</sup>, S. NEKRASOV<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Department of Mechanical Engineering Technology machines and tools, Sumy State University, Sumy, UKRAINE

<sup>2</sup> Department of Resistance materials and mashinoznavstva, Sumy State University, Sumy, UKRAINE

**ABSTRACT** With a research objective of a possibility of creation of qualitatively new detachable joint for details from the reinforced composite materials, the manufacturing techniques of a similar detachable joint were developed on the basis of earlier known method [4]. Taking into account all recommendations for this type of materials [1] the tool geometry is created, and processing conditions are defined the equipment and accessories to realization of the given technology of processing is picked up. The recommended geometrical parameters of the cutting tool for processing of the reinforced composite materials the following: front corner  $\gamma = 20-30^\circ$ , rear corner  $\alpha = 10-15^\circ$ , point corner  $\beta = 50-60^\circ$ . The mode is realized on multiple-purpose the equipment, without use of the additional equipment and devices. Taking into account all recommendations it was also succeeded to develop new technology for a detachable joint in the reinforced composite materials. The purpose of work was development of manufacturing techniques of the offered detachable joint for the details made of the reinforced composite materials. Methods of the decision is an adaptation of earlier known mode to our conditions of processing, it very well turned out. As a result of the done work everything very well managed to be reached all objectives.

**Keywords:** reinforced composite materials; plug contact; round thread; manufacturing technology; milling.

### Вступ

Сучасні підприємства виготовляють продукцію цивільного і спеціального призначення для авіаційної і ракетно-космічної галузі. Розвиток цієї наукомісткої техніки нерозривно пов'язаний з розробкою нових конструктивних рішень, прогресивних технологій, вдосконаленням існуючих або створенням нових матеріалів. Серед нових матеріалів останнім часом велика увага приділяється армованим композиційним матеріалам (АКМ), що володіють унікальними властивостями. Найпоширенішими АКМ вважаються вуглепластик та склопластик, завдяки своїм високим показникам міцності, порівняно невисокою ціною матеріалу та досить невеликою масою.

Останнім часом, вуглепластик та склопластик, почали широко використовувати для виготовлення корпусних деталей. Але проблема з'єднань які можна застосувати до даних матеріалів, досі залишається на першому місці. Найбільш застосовуваними для з'єднання АКМ, залишаються два типа з'єднань:

заклепкове, та клейове, рис. 1. Ці два методи з'єднання деталей мають суттєві недоліки. Перше це те, що клейові та заклепкові з'єднання можна застосувати до невеликого числа деталей, а основне це те що не можливо багаторазово розібрати з'єднання без його руйнування.

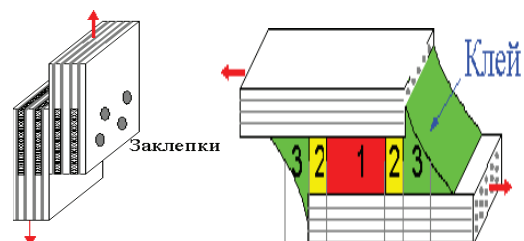


Рис. 1 – Заклепкове та клейове з'єднання АКМ

Оскільки, проблема створення та виготовлення працездатного та якісного роз'ємного з'єднання для АКМ досить актуальна і має досить велике народногосподарське значення було запропоновано

для вирішення даної проблеми новий тип роз'ємного з'єднання, та саму технологію виготовлення даного з'єднання.

### Мета роботи

Розробка технології виготовлення запропонованого роз'ємного з'єднання для деталей виготовлених з армованих композиційних матеріалів.

### Викладення основного матеріалу

Дослідженню основних з'єднань для деталей з армованих композиційних матеріалів присвячені роботи багатьох вітчизняних та зарубіжних вчених. В роботі Карпова Я. С. запропоновані, нові способи з'єднання композиційних матеріалів (КМ) базуються на комбінації безперервного з'єднувального елемента (клей, будь який інший з'єднувальний матеріал) з дискретними кріпильними елементами (штифти, шайби, ребра) [6]. В аналітичному огляді [2], міститься досить детальний опис з'єднань з безперервним з'єднувальним шаром (наприклад, клейових).

Роботи Воробья В. В., Карпова Я. С., та Сироткина О. С. присвячені дослідженню механічних з'єднань (заклепкових, болтових та ін.) з композиційних матеріалів [7-9]. Baker A. A. та Niu M. C. досить детально, описали, в своїх роботах, розробку основних типів з'єднань для деталей літальних апаратів [3, 10].

В своїх роботах пов'язаних з механічною обробкою сучасних композиційних матеріалів Duraio L. M., Матвиенко В. А. встановили, що даний процес є вельми емким та дорогим, та вимагає застосування нового інструменту та обладнання [5, 11]. У своїй роботі присвяченій дослідженню з'єднань високонавантажених деталей з композиційних матеріалів, ґрунтуючись на запропонованих способах з'єднань деталей з КМ, Карпов Я. С. стверджує, що традиційні види з'єднань, які активно застосовуються для металевих конструкцій, малоефективні для композитів [6]. Zemann Richard у своїй роботі присвяченій дослідженню міцності різьбових з'єднань, досить детально дослідив міцність різьбового з'єднання виготовленого в армованому вуглепластику [12].

Армовані композиційні матеріали досить дорогі, дуже складні в ремонті та в з'єднанні між собою, але незважаючи на всі ці ознаки, їх досить активно впроваджують у військову техніку, машинобудування, спорт і медицину. Задача отримання якісного та працездатного роз'ємного з'єднання в АКМ є актуальною задачею.

Механічна обробка композиційних матеріалів значно відрізняється від обробки металів. Крім того, композиційні матеріали також різняться між собою за своїми властивостями і повинні оброблятися з урахуванням індивідуальних особливостей.

Відмінності властивостей, що впливають на оброблюваність, всередині групи композитів набагато більш значні, ніж, наприклад, між металами. Це, в свою чергу, створює певні труднощі як перед тими, хто хоче виконати обробку композиційного матеріалу. Найчастіше початок виготовлення виробів з цих матеріалів вимагає повного переосмислення методів обробки, переліку використовуваного інструменту, способу закріплення заготовки, а, в деяких випадках, навіть застосування спеціалізованого обладнання і оснастки [1].

В процесі механічної обробки різанням АКМ ріжуча кромка викликає відшаровування волокон. Саме тому, ріжуча кромка при різанні АКМ повинна бути максимально гострою [14], щоб запобігти виникненню тертя між інструментом та заготовкою.

На рис. 2 представлено свердло від компанії Sandvik геометрія свердла 85 РТ сплав CD10 дуже гостро заточене що дозволяє досягати великої якості при обробці отворів [13].



Рис. 2 – Свердло від компанії Sandvik для обробки АКМ [13]

Імовірність зношення інструменту повинна бути мінімальною, оскільки будь-які зміни геометричної форми ріжучої кромки приведуть до миттєвого зростання температур в зоні різання і критичного зносу кромки. Геометрію інструменту потрібно підбирати так щоб забезпечити легке навантажене різання з виникненням мінімальних сил різання [15]. Геометричні параметри різального інструменту що рекомендуються для обробки армованих композиційних матеріалів, мають наступні межі варіювання: передній кут:  $\gamma = 20-30^\circ$ , задній кут:  $\alpha = 10-15^\circ$ , кут заострення:  $\beta = 50-60^\circ$  [15].

Що стосується самої конфігурації роз'ємного з'єднання в АКМ то тут повинно бути наступне, оскільки армовані композиційні матеріали не досить добре витримують навантаження на розтяг та стискання, порівняно з деякими металами, а на зсув взагалі погано себе зарекомендували [3], то потрібна зовсім інша геометрія профілю роз'ємного з'єднання, щоб уникнути поганих показників міцності, та не допустити виникнення гострих концентраторів напруг в роз'ємному з'єднанні.

Саме щоб уникнути негативних факторів представлених вище, і показана наступна концепція роз'ємного з'єднання для армованих композиційних матеріалів. Запропоновано використати круглу різьбу – так як вона краще з усіх типів різьб працює на

зріз, характеризується досить великою стійкістю, та підвищеним опором динамічним навантаженням, за рахунок відсутності гострих концентраторів напруг [16]. Основні параметри різьби такі як крок різі  $p$  та глибина профілю різі  $t$  а також зовнішній  $D$  та внутрішній  $D_i$  діаметри різьби представлені на рис. 3.

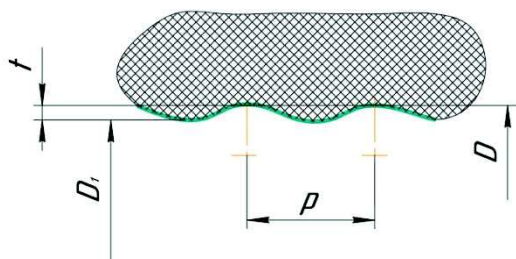


Рис. 3 – Параметри різьби

За основу технології виготовлення таких поверхонь, був взятий раніше розроблений спосіб обробки круглих різьб, оскільки лише в цьому методі геометрія інструмента не впливає на формування профілю різьби [4]. А армовані композити, в нашому випадку склопластик краще обробляти гостро заточеним різцем. Перевагою такого способу також є те що, обробка різьбової поверхні відбувається за один прохід що зменшує час обробки, а отже і час контакту ріжучої кромки з АКМ також зменшується, що позитивно впливає на сам процес різання та не допускає миттєвого зростання температур та зносу ріжучої кромки.

Схема фрезерування круглої різьби в склопластиковому армованому матеріалі представлена на рис. 4. Склопластиковий армований матеріал 1 обробляється однозубою фрезою 2, закріпленою в розточувальному пристрої 3, який закріплюється в цанговій оправці 4 фрезерного верстака з ЧПК моделі 6P13Ф3.

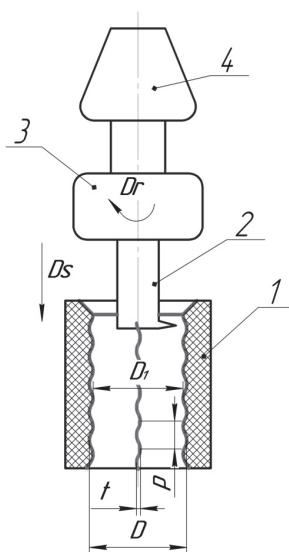


Рис. 4 – Схема фрезерування круглої різьби в АКМ

Спрощена кінематика процесу фрезерування різьби а АКМ виглядає наступним чином, різальному інструменту надають прямолінійний рух уздовж осі заготовки, як ріжучий інструмент використовують однозубу фрезу з гострим кутом заточування, а діаметр  $d_{фр}$ , рівний сумі внутрішнього діаметра  $D_i$  різьби, та глибині профілю різьби  $t$ , встановлюють за рахунок розточувального пристрою, при цьому фрези надають обертання щодо власної осі і додатково повідомляють коловий рух фрези навколо осі заготовки, що узгоджений з прямолінійним рухом фрези таким чином, що за один коловий рух, фрези повідомляють прямолінійний рух уздовж осі заготовки, величина якого дорівнює кроку  $p$  різьби, причому діаметр колового руху дорівнює глибині профілю різьби  $t$ , крім того вісь заготовки розташовують паралельно по відношенню до осі обертання фрези.

Величина діаметра  $d_{фр}$ , фрези для обробки круглої різьби визначається за формулою:

$$d_{фр} = D_i + t, \text{ мм} \quad (1)$$

де  $D_i$  – внутрішній діаметр різьби, мм;  $t$  – глибина профілю різьби, мм.

Обробка круглої різьби виконується з однієї установки заготовки 1 внутрішній діаметр можна не виконувати, фаску також не потрібно виконувати. Для даного способу не обов'язковим є також виконання канавки для виходу фрези 2.

## Висновки

У результаті проведеного експериментального дослідження, була встановлена можливість виготовлення якісно нового роз'ємного з'єднання для деталей з армованих композиційних матеріалів. На основі раніше відомого способу обробки [4] була розроблена технологія виготовлення представленого з'єднання.

З урахуванням усіх конструктивних особливостей матеріалу, та геометрії самого з'єднання, та взявши до уваги всі рекомендації для механічної обробки даного типу матеріалів: підібрана геометрія інструмента, обладнання та приладдя для реалізації приведеної технології обробки та визначені умови обробки.

## Список літератури

- 1 Рих Кристер Новый виток развития обработки композитов / Кристер Рих // METALWORKING WORLD. Деловой и технический журнал от SANDVIK COROMANT. – 2010. – № 1. – С.12–13.
- 2 Артюхин, Ю. П. Напряжения в клеевых соединениях / Ю. П. Артюхин // Исследования по теории пластин и оболочек. – Киев: Изд-во Киев. гос. ун-та, 1973. – Вып. 10. – С. 3–27.
- 3 Baker, A. A. Composite Materials for Aircraft Structures / A. A. Baker // Eurospan. – 2004. – 400 p.

- 4 Пат. UA 103734. Спосіб обробки круглої внутрішньої різьби / С. С. Некрасов, Д. В. Криворучко, А. О. Нешта МПК B23C 3/32 (2006.01), B23B 1/00. - No a201214037 заявл. 10.12.2012; 11.11.2013, бюл. No 21.
- 5 Duraο, L. M. Machining of hybrid composites: Ph.D. dissertation / L. M. Duraο. - Porto. - 2005. - 242 p.
- 6 Карпов, Я. С. Соединения высоконагруженных деталей из композиционных материалов. Сообщ. 1. Конструктивно-технологические решения и оценка их работоспособности / Я. С. Карпов // Пробл. прочности. - 2006. - № 3. - С. 23-33.
- 7 Воробей, В. В. Соединения конструкций из композиционных материалов / В. В. Воробей, О. С. Сироткин. - Л.: Машиностроение. - 1985. - 168 с.
- 8 Карпов, Я. С. Соединения деталей и агрегатов из композиционных материалов / Я. С. Карпов. - Х.: Нац. аэрокосм. ун-т «Харьк. авиац. ин-т». - 2006. - 359 с.
- 9 Сироткин, О. С. Технология и механика соединений / О. С. Сироткин, В. Б. Литвинов, В. И. Гришин. - М.: Арктика. - 2000. - 314 с.
- 10 Niu, M. C. Composite Airframe structures / M. C. Niu. - Hong Kong : Conmilit Press Ltd. - 1992. - 686 p.
- 11 Матвиенко, В. А. Анализ современного уровня и перспектив конструктивно-технологического совершенствования соединений полимерных композиционных материалов / В. А. Матвиенко // Материалы совещания - М.: НИАТ. - 1986. - С. 3-12.
- 12 Richard Zemann Manufacturing of threads direct into a carbon fibre reinforced polymer / Zemann Richard // Vienna University of Technology (TU Wien), Institute for Production Engineering and Laser Technology, Landstraßer Hauptstraße 152, 1030 Vienna, AUSTRIA.
- 13 <http://www.sandvik.coromant.com/ru/products/composite-solutions>, сайт завода производителя.
- 14 Рычков, Д. А. Разработка технологии подготовки режущего инструмента для обработки слоистых композиционных материалов / Д. А. Рычков, В. А. Скрипняк, А. С. Янюшкин, Д. В. Лобанов // Обработка металлов. Технология. Оборудование. Инструменты. Материаловедение. - 2014. - № 2 (63). С. 6-13.
- 15 Рычков, Д. А. Формирование режущей кромки фрезерного инструмента для обработки слоистых композиционных материалов, армированных стеклянными волокнами / Д. А. Рычков, В. А. Скрипняк, А. С. Янюшкин, Д. В. Лобанов // Системы. Методы. Технологии. - 2014. - № 2(22). - С. 42-46.
- 16 Некрасов, С. С. Способы обработки круглой резьбы / С. С. Некрасов, Д. В. Криворучко, А. А. Нешта // Оборудование и инструмент для профессионалов: Металлообработка. - 2013. - № 4. - С. 86-88.
- 2 Artyuhin, Y. P Stresses in adhesive joints. *Investigations in the theory of plates and shells*. Kyiv: Publishing house Kiev. state. University Press, 1973, 10, 3-27.
- 3 Baker, A. A. Composite Materials for Aircraft Structures. *Eurospan*, 2004, 400 p.
- 4 Пат. UA 103734. Method of processing a circular inner thread / S. S. Nekrasov, D. V. Kryvoruchko, A. O. Neshta IPC B23C 3/32 (2006.01), B23B 1/00. - No a201214037 appl. 12/10/2012; 11.11.2013, Bull. No 21.
- 5 Duraο, L. M. Machining of hybrid composites: Ph.D. dissertation. Porto, 2005. - 242 p.
- 6 Karpov, Y. S Compounds highly loaded parts made of composite materials. Messaging. 1. Konstruktivno technological solutions and evaluation of their performance. *Probl. strength*. 2006, 3, 23 - 33.
- 7 Vorobey, V. V., Sirotkin, O. Construction joints in composite materials. *Leningrad: Engineering*, 1985, 168 p.
- 8 Karpov, Y. S. Links parts and assemblies made of composite materials. *Kharkiv: Nat. aerokosm. Univ "Kharkiv. aviation. Inst "*, 2006, 359 p.
- 9 Sirotkin, O. S., Litvinov, V. B., Grishin, V. Technology and mechanical connections. Moskov: Arctic, 2000, 314 p.
- 10 Niu, M. C. Composite Airframe structures. Hong Kong: Conmilit Press Ltd., 1992, 686 p.
- 11 Matvienko, V. A. Analysis of the current level and prospects of structural and technological improvement of the compounds of polymer composites. *Matepialy meeting* Moskow: HIAT, 1986, 3 - 12.
- 12 Richard Zemann Manufacturing of threads direct into a carbon fibre reinforced polymer. *Vienna University of Technology (TU Wien), Institute for Production Engineering and Laser Technology, Landstraßer Hauptstraße, Vienna, AUSTRIA, 152, 1030*
- 13 <http://www.sandvik.coromant.com/ru/products/composite-solutions>, site of the manufacturer.
- 14 Rychkov, D. A., Skripnyak, V. A., Yanyushkin, A. S., Lobanov, D. V. Razrabotka tehnologii podgotovki rezhushchego instrumenta dlya obrabotki sloistiyh kompozitsionnyh materialov [Development of technology of preparation of cutting tools for machining laminated composite materials]. *Tehnologiya. Oborudovanie. Instrumentyi. Materialovedenie [Processing of metals. Technology. Equipment. Instruments. Materials Science]*, 2014, 2(63), 6-13.
- 15 Rychkov, D. A., Skripnyak, V. A., Yanyushkin, A. S., Lobanov, D. V. Formirovanie rezhushchey kromki frezernogo instrumenta dlya obrabotki sloistiyh kompozitsionnyh materialov, armirovannyh steklyannyimi voloknami [Formation of cutting edge milling tool for machining laminated composite materials reinforced with glass fibers]. *Sistemyi. Metodyi. Tehnologii. [Systems. Methods. Technologies]*, 2014, 2(22), 42-46.
- 16 Nekrasov, S. S., Krivoruchko, D. V., Neshta, A. A. Sposoby obrabotki krugloy rezbyi [Methods of processing round thread]. *Oborudovanie i instrument dlya professionalov: Metalloobrabotka. [Equipment and tools for professionals Metalloobrabotka]*, 2013, 4, 86-88.

#### Bibliography (transliterated)

- 1 Rich Christer A new round of development of composites processing. METALWORKING WORLD. *Business and technology magazine from SANDVIK COROMANT*, 2010, 1, 12-13.

#### Відомості про авторів (About authors)

Довгополов Андрій Юрійович – аспірант, Сумський державний університет, аспірант кафедри «Технологія машинобудування верстати та інструменти», м. Суми, Україна; e-mail: d\_a\_y\_@ukr.net

Andriy Dovgopolov – postgraduate, Sumy State University, postgraduate Department of Mechanical Engineering Technology machines and tools, Sumy, Ukraine; e-mail: d\_a\_y\_@ukr.net.

**Некрасов Сергій Сергійович** – кандидат технічних наук, доцент Сумський державний університет, доцент кафедри опору матеріалів та машинознавства, м. Суми, Україна; e-mail: nekrasovss@gmail.com.

**Sergiy Nekrasov** – Candidate of Technical Sciences (Ph. D.), Docent, Associate Professor, Department of Resistance materials and mashinoznnavstva, Sumy Ukraine; e-mail: nekrasovss@gmail.com.

*Будь ласка посилайтесь на цю статтю наступним чином:*

**Довгополов, А. Ю.** Технологія обробки гвинтової поверхні роз'ємного з'єднання в деталях з армованих композиційних матеріалів / **А. Ю. Довгополов, С. С. Некрасов** // *Вісник НТУ «ХПІ», Серія: Нові рішення в сучасних технологіях.* – Харків: НТУ «ХПІ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 38-42. – doi:10.20998/2413-4295.2016.42.06.

*Please cite this article as:*

**Dovgopolov, A., Nekrasov, S.** Technology of processing of a screw surface of a detachable joint in details from the reinforced composite materials. *Bulletin of NTU "KhPI". Series: New solutions in modern technologies.* – Kharkiv: NTU "KhPI", 2016, **42** (1214), 38–42, doi:10.20998/2413-4295.2016.42.06.

*Пожалуйста ссылайтесь на эту статью следующим образом:*

**Довгополов, А. Ю.** Технология обработки винтовой поверхности разъемного соединения в деталях из армированных композиционных материалов / **А. Ю. Довгополов, С. С. Некрасов** // *Вестник НТУ «ХПИ», Серія: Новые решения в современных технологиях.* – Харьков: НТУ «ХПИ». – 2016. – № 42 (1214). – С. 38-42. – doi:10.20998/2413-4295.2016.42.06.

**АННОТАЦІЯ** С целью исследования возможности создания качественно нового разъемного соединения для деталей из армированных композиционных материалов, была разработана на основе ранее известного метода технология изготовления подобного разъемного соединения [4]. С учетом всех рекомендаций для данного типа материалов [1] создана геометрия инструмента, и определены условия обробки подобранно оборудование и принадлежности для реализации приведенной технологии обработки.

**Ключевые слова:** армированные композиционные материалы (АКМ); разъемное соединение; круглая резьба; технология изготовления; фрезерование.

*Надійшла (received) 5.12.2016*